DOI: 10.32517/2221-1993-2022-21-3-53-66

М. В. Маркушевич
Школа № 1352, г. Москва, Россия

ЭЛЕМЕНТЫ МЕТОДИКИ ПРЕПОДАВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ ТРЕХМЕРНОЙ ГРАФИКИ НА УРОВНЕ ОСНОВНОГО ОБЩЕГО ОБРАЗОВАНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПАС-3D LT V12

Аннотация

Трехмерная компьютерная графика не является обязательной к изучению на уровне основного общего образования информационной технологией. Ее изучение имеет отношение скорее к предпрофильному обучению по углубленным программам, используемым в таких образовательных проектах, как «Математическая вертикаль». В связи с этим наблюдается некоторый дефицит методик обучения данной теме, использующих в качестве программных инструментов российское бесплатное или свободное программное обеспечение.

В качестве наилучших вариантов программного обеспечения для поддержки преподавания темы «Трехмерная компьютерная графика» предлагается рассматривать как отечественную бесплатную для некоммерческих и образовательных целей систему трехмерного моделирования КОМПАС-3D LT V12, так и свободную систему трехмерного параметрического моделирования FreeCAD. Выбор именно КОМПАС-3D LT V12 обусловлен прежде всего необходимостью использовать отечественное программное обеспечение в условиях постоянного ужесточения экономических санкций в отношении Российской Федерации со стороны ряда недружественных западных государств. Эти санкции оказывают негативное влияние в том числе и на информационную инфраструктуру российских образовательных организаций.

Авторская методика преподавания темы «Трехмерная компьютерная графика» для основной школы обладает следующими характерными особенностями: может использоваться как для дистанционной, так и для очной формы обучения; базируется на отечественном программном обеспечении, в связи с чем инфраструктура российских образовательных организаций не попадает под угрозу немотивированного отказа в лицензиях на использование иностранного проприетарного ПО. Кроме того, применение в учебном процессе бесплатных версий программного обеспечения оптимизирует государственные расходы на образование.

Ключевые слова: КОМПАС-3D LT V12, FreeCAD, трехмерная компьютерная графика, отечественное программное обеспечение, методика обучения.

1. Введение

Одной из разновидностей компьютерной графики, которая может изучаться в основной школе наряду с векторной и растровой графикой, является 3D-графика. Отметим, что в ФГОС основного общего образования, утвержденном Приказом Министерства просвещения РФ от 31 мая 2021 года № 287 [20], нет явных указаний

Контактная информация

Маркушевич Михаил Владимирович, учитель информатики, школа № 1352, г. Москва, Россия; *адрес:* 107497, Россия, г. Москва, ул. Байкальская, д. 44; *e-mail:* mihael11@yandex.ru

M. V. Markushevich
School 1352, Moscow, Russia

ELEMENTS OF THE METHODOLOGY OF TEACHING COMPUTER 3D GRAPHICS AT THE LEVEL OF BASIC GENERAL EDUCATION USING KOMPAS-3D LT V12

Abstract

3D computer graphics is information technology that is not mandatory for studying at the level of basic general education. Its study is more related to pre-profile training in advanced programs used in such educational projects as the Mathematical Vertical. In this regard, there is a certain shortage of teaching methods for this topic, using Russian free or open source software as software tools.

As the best software to support the teaching of the topic "3D computer graphics", it is proposed to consider both the domestic free 3D modeling system KOMPAS-3D LT V12 for non-commercial and educational purposes, and the free 3D parametric modeling system FreeCAD. The choice of KOMPAS-3D LT V12 is primarily due to the need to use domestic software in the face of constant tightening of economic sanctions against the Russian Federation by a number of unfriendly Western states. These sanctions also have a negative impact on the information infrastructure of Russian educational institutions.

The author's method of teaching the topic "3B computer graphics" in basic school has the following characteristic features: it can be used both for distance learning and for full-time education; is based on domestic software, in connection with which the infrastructure of Russian educational organizations does not fall under the threat of an unmotivated refusal of licenses to use foreign proprietary software. In addition, the use of free versions of software in the educational process optimizes government spending on education.

Keywords: KOMPAS-3D LT V12, FreeCAD, 3D computer graphics, domestic software, teaching methods.

на обязательность изучения 3D-графики на уровне основного общего образования. Однако в данном документе можно обнаружить формулировки, указывающие в том числе на наличие потенциальной возможности организации изучения трехмерной графики. Так, например, в числе универсальных учебных познавательных действий в разделе «Работа с информацией» говорится о необходимости учащимся овладеть навыками самостоятельно выбирать оптимальную форму представления информации и иллюстрировать решаемые задачи несложными схемами, диаграммами, иной графикой и их комбинациями. Под иной графикой вполне можно понимать несложную трехмерную графику, так как в различных учебных предметах, таких как физика, геометрия, биология и т. д., изучаемых в основной школе, школьники имеют дело с объемными фигурами (прямоугольный параллелепипед, куб, шар, цилиндр, конус и т. д.).

Кроме того, в числе предметных результатов по учебному предмету «Информатика» как на базовом, так и на углубленном уровне присутствует владение умениями и навыками использования информационных и коммуникационных технологий для обработки и анализа различных видов информации, среди которых вполне разумно было рассматривать также и трехмерную графическую информацию.

Максимальную актуальность преподавание трехмерной компьютерной графики приобретает в рамках предпрофильного обучения в основной школе по углубленным программам, используемым в таком проекте российского образования, как «Математическая вертикаль» [16]. В данном случае можно говорить о подготовке школьников к продолжению образования в профильных инженерных и ИТ-классах в старшей школе. Для обучения в этих классах пространственное мышление является необходимой метапредметной компетенцией, а освоение трехмерной компьютерной графики прежде всего развивает именно пространственное мышление и воображение. Важность развития пространственного воображения и мышления у учащихся, в том числе с использованием системы трехмерного проектирования КОМПАС-3D, особенно в ситуации, когда черчение не является обязательным предметом к изучению в основной школе, отмечается также в статье М. С. Александрова [2].

При неопределенном положении 3D-графики в содержании основного общего образования большинство ведущих авторских коллективов, разрабатывающих учебные пособия для основной школы, не видят необходимости в написании соответствующих разделов учебников, посвященных рассматриваемой нами теме курса информатики.

Таким образом, с точки зрения автора, компьютерная трехмерная графика на уровне основного общего образования из курса информатики смещается в область внеурочной деятельности — по тематике «Компьютерное черчение», «Компьютерная графика» или «3D-графика», а также дополнительного образования — в основном для учащихся, обучающихся в предпрофильных классах по программам «Математическая вертикаль». Еще один возможный путь внедрения элементов трехмерной компьютерной графики в содержание обучения по информатике в основной школе — это проведение полипрограммных интегрированных уроков, технология проектирования которых для старшей школы подробно рассмотрена автором в работе [15].

2. Выбор оптимального типа программного обеспечения для поддержки преподавания темы «Компьютерная трехмерная графика» в основной школе

Выбор конкретного типа программного обеспечения для поддержки преподавания той или иной темы курса информатики в основной школе является непростым вопросом, особенно в современных условиях, когда крупные иностранные вендоры ИТ-индустрии, такие как Microsoft Corporation, Adobe Inc., Autodesk, уходят с российского рынка программного обеспечения в результате введения и последовательного ужесточения экономических санкций в отношении России со стороны ряда недружественных западных государств [24]. В данной ситуации рационально обратить внимание, прежде всего, на свободное программное обеспечение или на бесплатное программное обеспечение российской разработки.

Здесь важно понимать, что *свободное ПО не эквивалентно бесплатному проприетарному ПО, но с точки зрения использования в образовательных организациях их объединяет общее свойство, а именно возможность для пользователей легально и бесплатно применять данное программное обеспечение в учебном процессе*.

Бесплатность не единственное свойство программного обеспечения, определяющее его привлекательность для применения в сфере образования. **Необходимо учитывать следующие характеристики:**

- *страна происхождения фирмы — разработчика ПО:* определяет уровень риска использования данного ПО в учебном процессе основной школы ввиду возможности экономических санкций и ограничений со стороны иностранной фирмы — разработчика ПО;
- *является ПО офлайновым программным обеспечением или онлайновым сервисом, требующим постоянного высокоскоростного подключения к интернету:* определяет возможность или невозможность использования в образовательных организациях, не имеющих высокоскоростного подключения;
- *открытость программного кода:* определяет возможность скомпилировать программу самостоятельно, независимо от разработчика ПО;
- *кроссплатформенность:* определяет список операционных систем, под которыми возможно инсталлировать и применять данное ПО;
- *минимальные системные требования:* определяют парк компьютеров, на которых возможно инсталлировать и применять данное ПО;
- *доступный функционал пользователя:* определяет список возможных действий над информацией, обрабатываемой данным ПО;

- *уровень сложности интерфейса пользователя и алгоритмов создания обрабатываемого в данном ПО вида информации:* определяет минимальный возрастной порог учащихся, с которого можно начинать знакомство с данным ПО.

Переходя непосредственно к нашей ситуации, а именно к выбору программного обеспечения для поддержки темы «Компьютерная трехмерная графика» на уровне основного общего образования, важно сразу отказаться от использования в учебном процессе импортных проприетарных систем автоматизированного проектирования американской компании Autodesk Inc., таких как AutoCAD, Fusion 360, а также САПР SolidWorks разработки SolidWorks Corporation (Франция). Несмотря на то что для данного программного обеспечения предусмотрен вариант бесплатной образовательной лицензии, что очень удобно для общеобразовательных российских школ, *существует высокий риск прекращения оказания услуг компанией Autodesk Inc. для клиентов на российском рынке ввиду ужесточения экономических санкций в отношении России рядом западных государств* [24].

Также, по мнению автора, было бы разумно отказаться от использования в учебном процессе основной школы, осуществляемом в очной форме, онлайновых 3D графических редакторов, таких как 3D-редактор Tinkercad, расположенный на портале https://www.tinkercad.com, а также бесплатной версии редактора SketchUp — SketchUp Free, доступной пользователю в сети по адресу: https://www.sketchup.com/ru/plans-and-pricing/sketchup-free. Действительно, как ранее отмечалось автором, онлайновые сервисы хороши для реализации учебного процесса в дистанционной форме в крупных городах, обеспеченных высокоскоростным подключением к сети Интернет [14], но вряд ли являются оптимальным вариантом для поддержки преподавания информационных технологий в очной форме обучения для общеобразовательных российских школ, некоторые из которых не имеют стабильного подключения к интернету. Здесь важно понимать, что онлайновый 3D-редактор Tinkercad является проектом компании Autodesk Inc., о действиях которой на российском рынке программного обеспечения в условиях постоянно расширяющихся экономических санкций говорилось выше в этой статье.

Таким образом, после отказа от импортных, как онлайновых, так и офлайновых, проприетарных систем автоматизированного проектирования **мы можем остановиться на следующих двух возможных вариантах программного обеспечения:**

- российская бесплатная для некоммерческих и образовательных целей система трехмерного моделирования *КОМПАС-3D LT V12* разработки ООО «АСКОН — Системы проектирования» [23];
- свободные системы автоматизированного проектирования, среди которых наиболее популярной является кроссплатформенная система трехмерного параметрического моделирования *FreeCAD* [22].

Некоторые аспекты применения FreeCAD в учебном процессе при преподавании геометрии были рассмотрены автором (в соавторстве с А. Ю. Федосовым) в работе [25]. В настоящей статье мы попытаемся сравнить два рассматриваемых варианта программного обеспечения по приведенным выше характеристикам (табл. 1).

Другие свободные системы автоматизированного проектирования, такие как LibreCAD, OpenSCAD, SolveSpace, BricsCAD, QCAD [5], не будут рассматри-

Таблица 1

Сравнение КОМПАС-3D LT V12 и FreeCAD

№ п/п	Характеристика ПО	КОМПАС-3D LT V12	FreeCAD
1	Страна происхождения фирмы — разработчика ПО	Россия	Интернациональное сообщество разработчиков
2	Открытость программного кода	Закрытый код	Открытый код
3	Кроссплатформенность	Windows, Linux (к 2023 году) [6]	Windows, Linux, Mac OS
4	Минимальные системные требования	Минимально возможная конфигурация компьютера для установки и запуска системы соответствует минимальным системным требованиям для соответствующих операционных систем Windows [11], а именно: • процессор: 1 ГГц и старше или SoC (System-on-a-Chip); • ОЗУ: 1 ГБ (для 32-разрядных систем) или 2 ГБ (для 64-разрядных систем); • место на диске: 16 ГБ (для 32-разрядных систем) или 20 ГБ (для 64-разрядных систем); • видеокарта: DirectX 9 или выше с драйвером WDDM 1.0; • разрешение экрана: 800×600 [18]	В отличие от большинства программ 3D CAD, FreeCAD может без проблем работать на самых скромных компьютерах — известно, что он работает на процессорах Pentium IV и Intel Core2 Solo. Если на компьютере установлена текущая операционная система (Windows, Linux, Mac OS), то FreeCAD будет работать [10]. Иными словами, системные требования для FreeCAD под Windows совпадают с системными требованиями Windows 10 [18] и, следовательно, КОМПАС-3D LT V12

Окончание табл. 1

№ п/п	Характеристика ПО	КОМПАС-3D LT V12	FreeCAD
5	Доступный функционал пользователя	• Создание двумерных чертежей; • автоматическое создание чертежа из трехмерной модели; • трехмерное моделирование деталей с использованием операций выдавливания, вращения, кинематической операции; • поверхностное моделирование	• Создание двумерных чертежей; • автоматическое создание чертежа из трехмерной модели; • трехмерное моделирование деталей; • изучение движения роботов в графическом интерфейсе; • широкие возможности импорта/экспорта в стандартные форматы; • экспорт с помощью модуля рендеринга 3D-объектов для рендеринга во внешние программы; • наличие архитектурного модуля
6	Уровень сложности интерфейса пользователя	Средний	Выше среднего

ваться в данной статье в связи с тем, что они являются менее известными, чем FreeCAD, что подтверждается малым числом их упоминания в отечественной научной и научно-методической литературе, посвященной вопросам выбора программного обеспечения для поддержки преподавания тем «Трехмерная компьютерная графика» или «Системы автоматизированного проектирования» в общеобразовательной школе.

Отметим, что ООО «АСКОН — Системы проектирования» не единственный отечественный разработчик систем трехмерного проектирования, в данном направлении работает также ООО «Нанософт разработка» [17], в ее линейке программных продуктов nanoCAD присутствует бесплатный дистрибутив для использования в образовательных целях, но, к сожалению, его минимальные системные требования к оперативной памяти компьютера в 4 гигабайта и рекомендуемое значение оперативной памяти в 16 гигабайт заставляют сомневаться в рациональности использование данного программного обеспечения в учебном процессе основной школы.

Сравнительный анализ двух альтернативных САПР, приведенных в таблице 1, не дает возможности определить очевидного лидера. Оба рассматриваемых варианта имеют достаточное количество достоинств, в связи с чем окончательное решение в пользу использования именно КОМПАС-3D LT V12 определяется, прежде всего, отечественным происхождением данной системы трехмерного моделирования, что достаточно важно как в плане обеспечения устойчивости информационной инфраструктуры российских образовательных организаций к рискам, заключающимся в отказе в лицензиях на использование иностранного проприетарного программного обеспечения в условиях постоянного ужесточения экономических санкций со стороны ряда недружественных западных государств, так и в плане гражданско-патриотического воспитания учащихся [13].

Кроме указанных выше факторов выбор отечественной системы трехмерного моделирования КОМПАС-3D LT V12 для преподавания трехмерной графики в основной школе обусловлен следующими ее положительными характеристиками в плане применения для образовательных целей:

- возможность бесплатного использования для образовательных и личных некоммерческих целей;
- достаточно скромные минимальные системные требования (2 гигабайта оперативной памяти для 64-разрядных систем);
- средний уровень сложности пользовательского интерфейса, позволяющий использовать данное программное обеспечение на уровне основного общего образования;
- насыщенный функционал программного обеспечения, позволяющий создавать достаточно сложные, разнообразные по формам трехмерные модели;
- наличие существенной методической базы в виде учебной и учебно-методической литературы, среди которой можно выделить учебные пособия Н. Б. Ганина [6, 7] и А. А. Герасимова [8], а также интернет-ресурсов, посвященных методике применения системы трехмерного проектирования КОМПАС-3D в учебном процессе, например, обучающие скринкасты на официальном сайте проекта, расположенные в сети по адресу: https://kompas.ru/publications/video/, или бесплатный учебник «Азбука КОМПАС-3D» [1].

Отметим также положительный опыт применения КОМПАС-3D LT V12 в учебном процессе общеобразовательной школы, например, описанный В. Н. Барановым в статье [3].

3. Поурочное планирование по теме «Компьютерная трехмерная графика» с использованием системы трехмерного моделирования КОМПАС-3D LT V12

В таблице 2 приведены темы уроков по курсу «Компьютерная трехмерная графика» с использованием системы трехмерного моделирования КОМПАС-3D LT V12 и их основное содержание, а также указано, в какой форме проводится урок.

Таблица 2

Поурочное планирование по теме «Компьютерная трехмерная графика»

№ урока	Тема и основное содержание урока	Тип урока
1	Официальный сайт системы трехмерного моделирования КОМПАС-3D. Получение дистрибутива КОМПАС-3D LT V12. Лицензия на использование. Установка и запуск КОМПАС-3D LT V12 под операционной системой Windows	Семинар
2	Основные элементы интерфейса пользователя (дерево модели, основные панели инструментов, панель свойств, рабочая область трехмерного моделирования, трехмерная система координат — оси координат, плоскости)	Семинар
3	Трехмерная система координат, оси координат, координатные плоскости. Изменение ориентации системы координат в пространстве (кнопка *Ориентация* панели инструментов *Вид*). Активация режима *Эскиз* в одной из выбранных координатных плоскостей. Создание фигуры (контура) в режиме *Эскиз* с помощью инструментов панели *Геометрия*	Семинар, практическая работа
4	Активация и параметры операции *Выдавливание* (выдавливаемый контур, направления выдавливания, расстояние выдавливания, активация уклона наружу или внутрь). Инструменты поворота и перемещения трехмерной модели в пространстве, масштабирование модели	Семинар, практическая работа
5	*Самостоятельная практическая работа по теме «Создание трехмерных моделей основных геометрических фигур (цилиндр, конус, призма и т. п.)»*	Практическая работа
6	Создание эскизов в различных плоскостях, в том числе в плоскостях граней какой-либо трехмерной фигуры. Использование данных эскизов для последующего применения операций *Выдавливание* или *Вырезать выдавливанием*	Семинар, практическая работа
7	*Самостоятельная практическая работа по теме «Создание трехмерной модели грузового автомобиля»*	Практическая работа
8	Создание трехмерных фигур методом вращения контура вокруг оси	Семинар, практическая работа
9	*Самостоятельная практическая работа по теме «Создание трехмерных моделей молекул»*	Практическая работа
10	Создание трехмерных фигур методом движения сечения вдоль траектории (кинематическая операция). Черчение сечения и траектории в эскизах, расположенных в различных плоскостях	Семинар, практическая работа
11	*Самостоятельная практическая работа по теме «Создание трехмерной модели цепи»*	Практическая работа
12	Создание сложных трехмерных фигур с использованием различных методов формирования 3D-моделей. Создание вспомогательных плоскостей различными способами (параллельно заданной плоскости, перпендикулярно заданной плоскости, проходящей через определенную точку и т. п.)	Семинар, практическая работа
13	*Самостоятельная практическая работа по теме «Создание трехмерной модели чашки»*	Практическая работа
14	*Контрольная практическая работа по теме «Создание трехмерной модели космического корабля»*	Практическая работа
15	Анализ контрольной практической работы по теме «Создание трехмерной модели космического корабля»	Конференция

4. Основное содержание обучения по теме «Компьютерная трехмерная графика» с использованием системы трехмерного моделирования КОМПАС-3D LT V12

4.1. Этап 1

Урок 1. *Официальный сайт системы трехмерного моделирования КОМПАС-3D. Получение дистрибутива КОМПАС-3D LT V12. Лицензия на использование. Установка и запуск КОМПАС-3D LT V12 под операционной системой Windows.*

Урок 2. *Основные элементы интерфейса пользователя (дерево модели, основные панели инструментов, панель свойств, рабочая область трехмерного моделирования, трехмерная система координат — оси координат, плоскости).*

Получение дистрибутива системы трехмерного моделирования КОМПАС-3D LT V12 осуществляется на официальном сайте проекта, расположенном в сети Интернет по адресу: https://kompas.ru/kompas-3d-lt/

download/, после заполнения формы, содержащей фамилию, имя, страну, город и адрес электронной почты лица, заинтересованного в использовании данного программного обеспечения.

Перед установкой на персональный компьютер необходимо познакомиться на официальном сайте проекта с лицензионным соглашением на использование программного продукта КОМПАС-3D LT V12, в котором указано, что данное программное обеспечение может быть *использовано исключительно для личного некоммерческого использования (в ознакомительных и учебных целях (выполнять собственные домашние задания, курсовые и дипломные проекты, другие учебные работы); или в образовательных организациях исключительно в соответствии с уставными целями для осуществления образовательного процесса и только в образовательных целях* [12].

С подробным описанием интерфейса пользователя КОМПАС-3D LT V12 можно ознакомиться в учебных пособиях А. А. Герасимова [8], Н. Б. Ганина [6, 7], а также в статье И. В. Прояевой, К. Е. Цветковой [21].

4.2. Этап 2

Урок 3. *Трехмерная система координат, оси координат, координатные плоскости. Изменение ориентации системы координат в пространстве (кнопка* ***Ориентация*** *панели инструментов* ***Вид****). Активация режима* ***Эскиз*** *в одной из выбранных координатных плоскостей, создание фигуры (контура) в режиме* ***Эскиз*** *с помощью инструментов панели* ***Геометрия.***

Урок 4. *Активация и параметры операции* ***Выдавливание*** *(выдавливаемый контур, направления выдавливания, расстояние выдавливания, активация уклона наружу или внутрь). Инструменты поворота и перемещения трехмерной модели в пространстве, масштабирование модели.*

Урок 5. *Самостоятельная практическая работа по теме «Создание трехмерных моделей основных геометрических фигур (цилиндр, конус, призма и т. п.)».*

На данном этапе учащиеся создают основные простые трехмерные геометрические фигуры, такие как прямоугольный параллелепипед (рис. 1), цилиндр (рис. 2), пятиугольная призма (рис. 3).

Затем задействуется функционал выдавливания с активацией угла внутрь, применение которого дает возможность создавать трехмерные модели таких геометрических фигур, как пирамида (рис. 4), усеченный конус (рис. 5), шестиугольная усеченная пирамида (рис. 6).

4.3. Этап 3

Урок 6. *Создание эскизов в различных плоскостях, в том числе в плоскостях граней какой-либо трехмерной фигуры. Использование данных эскизов для последующего применения операций* ***Выдавливание*** *или* ***Вырезать выдавливанием*** *с целью получения либо дополнительной трехмерной фигуры, либо отверстия в существующей фигуре.*

Урок 7. *Самостоятельная практическая работа по теме «Создание трехмерной модели грузового автомобиля».*

Для отработки навыков владения операциями *Выдавливание* и *Вырезать выдавливанием* в КОМПАС-3D LT V12 учащимся может быть предложена практическая

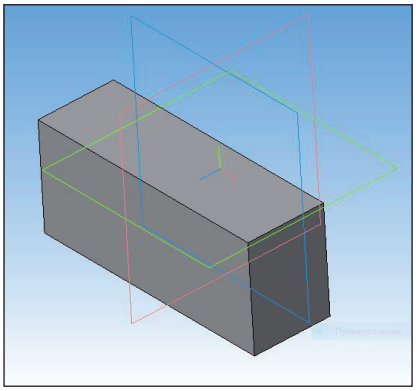

Рис. 1. Прямоугольный параллелепипед

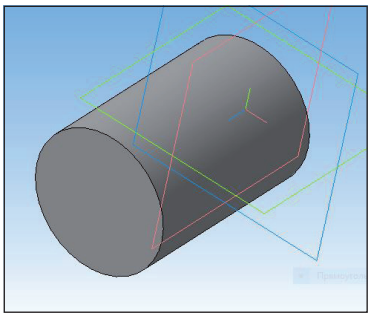

Рис. 2. Цилиндр

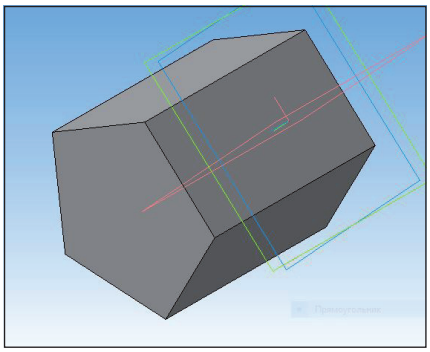

Рис. 3. Пятиугольная призма

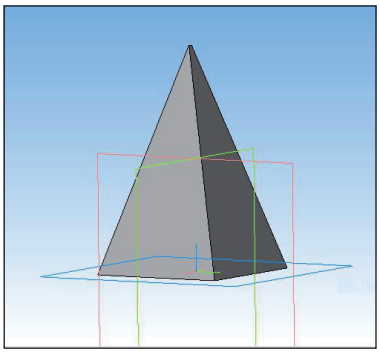

Рис. 4. Пирамида

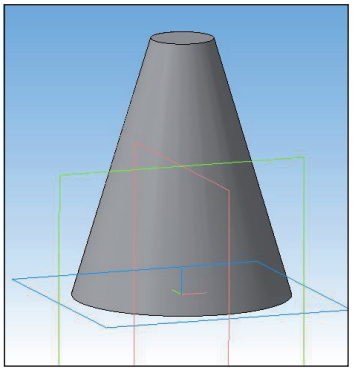

Рис. 5. Усеченный конус

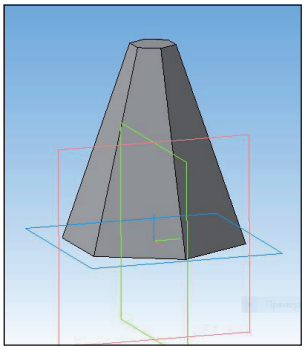

Рис. 6. Шестиугольная усеченная пирамида

работа по созданию трехмерной модели грузового автомобиля, которая выполняется по следующему алгоритму:

1. Создание кузова автомобиля (форма — прямоугольный параллелепипед, см. рис. 1).
2. Создание в торцевой грани кузова эскиза прямоугольника и последующее выдавливание второго прямоугольного параллелепипеда (кабина автомобиля) (рис. 7).
3. Создание в боковой грани кабины эскиза прямоугольника и вырезание им (операция *Вырезать выдавливанием*) ненужной части кабины (рис. 8).
4. Создание боковых окон в кабине автомобиля путем черчения и последующего вырезания выдавливанием прямоугольника в эскизе в боковой плоскости кабины (рис. 9).
5. Создание лобового окна кабины автомобиля путем черчения прямоугольника и последующего вырезания выдавливанием в эскизе в верхней передней плоскости кабины автомобиля (рис. 10).
6. Создание передней оси колес автомобиля путем черчения и последующего выдавливания в два направления окружности в эскизе в боковой плоскости кабины автомобиля (рис. 11).

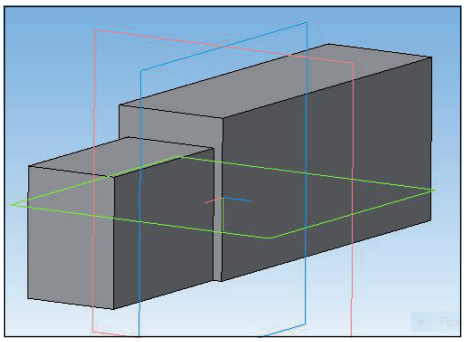

Рис. 7. Создание кабины автомобиля

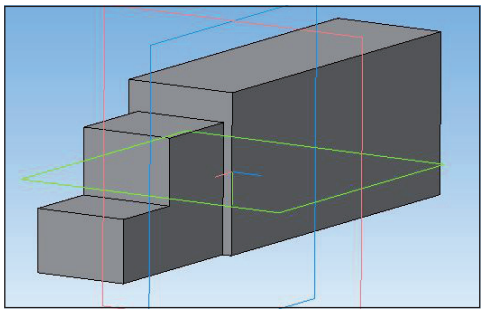

Рис. 8. Вырезание ненужной части кабины

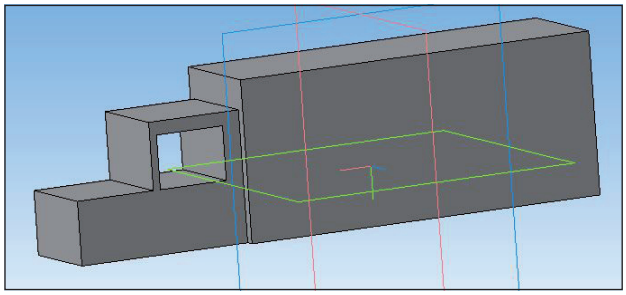

Рис. 9. Создание боковых окон кабины

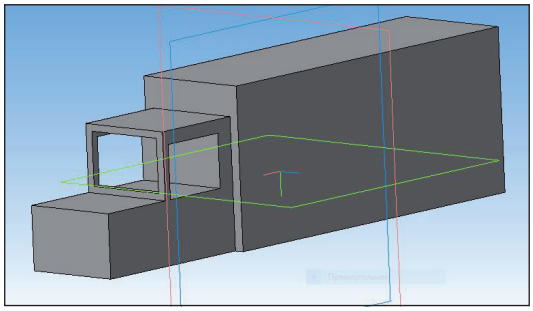

Рис. 10. Создание лобового окна автомобиля

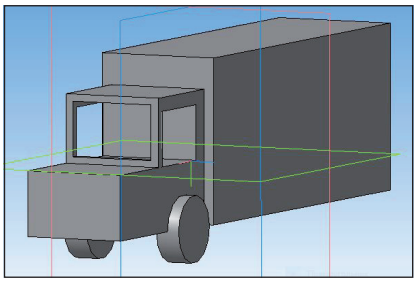

Рис. 11. Создание передней оси колес автомобиля

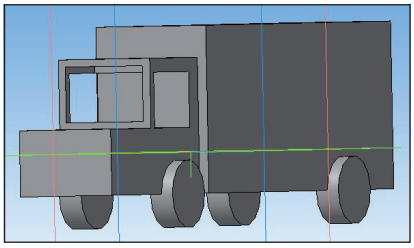

Рис. 12. Создание задней оси колес автомобиля

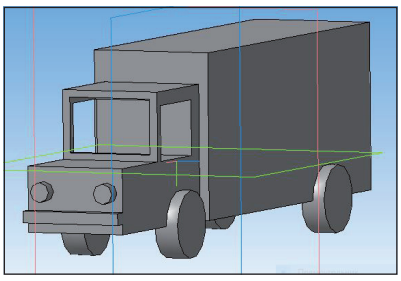

Рис. 13. Создание переднего бампера и фар

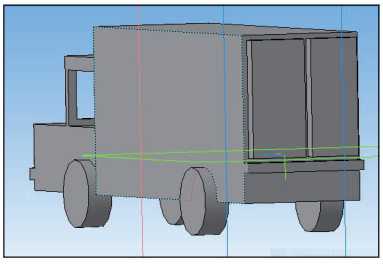

Рис. 14. Создание заднего бампера и дверей кузова

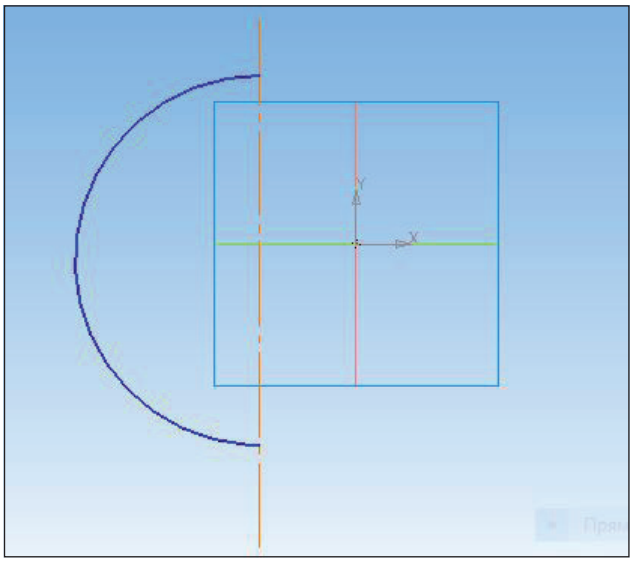

Рис. 15. Ось вращения и контур (дуга окружности)

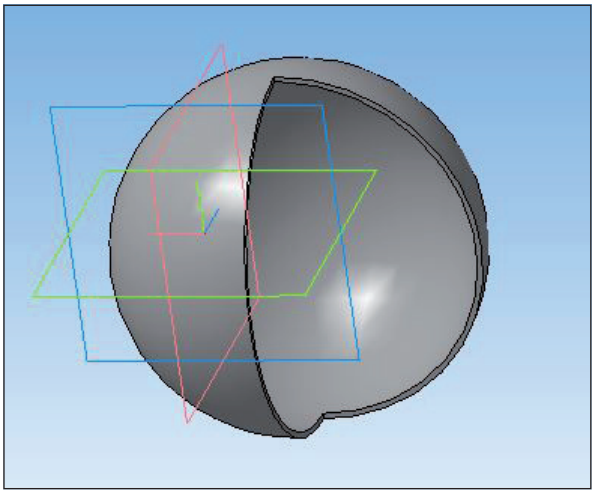

Рис. 16. Результат выполнения операции вращения с углом поворота контура 270°

7. Создание задней оси колес автомобиля путем черчения и последующего выдавливания в два направления окружности в эскизе в боковой плоскости кузова автомобиля (рис. 12).
8. Создание переднего бампера и фар путем черчения и последующего одновременного выдавливания прямоугольника и двух окружностей в эскизе в нижней передней плоскости кабины (рис. 13).
9. Создание заднего бампера и дверей путем черчения и последующего одновременного выдавливания трех прямоугольников в эскизе в задней плоскости кузова автомобиля (рис. 14).

4.4. Этап 4

Урок 8. *Создание трехмерных фигур методом вращения контура вокруг оси.*

Урок 9. *Самостоятельная практическая работа по теме «Создание трехмерных моделей молекул»*

Технология создания трехмерных фигур методом вращения в КОМПАС-3D LT V12 достаточно проста. Проиллюстрируем ее суть на примере создания шара, при этом будет реализован следующий алгоритм:

1. Аналогично процессу создания 3D-фигур методом выдавливания контура прежде всего выбирается плоскость, в которой будут лежать ось вращения и контур, потом в выбранной плоскости создается эскиз.
2. Далее в выбранной для создания эскиза плоскости чертится ось вращения, для чего используется инструмент *Отрезок* панели инструментов *Геометрия*, причем на панели свойств выбирается стиль линии *Осевая*.
3. Затем в плоскости эскиза чертится контур, который предполагается вращать вокруг оси. В нашем случае с помощью инструмента *Дуга* панели инструментов *Геометрия* была начерчена половина окружности таким образом, что начальная и конечная точки дуги лежат на оси вращения. Для дуги выбирается стиль линии *Основная* (рис. 15).
4. На *Компактной панели* активируется инструмент *Операция вращения*, для завершения которой необходимо указать угол, на который будет повернут контур (дуга окружности) вокруг оси вращения. В нашем случае был выбран угол 270°. Результат выполнения операции вращения показан на рисунке 16.

Для закрепления навыков учащихся в области создания трехмерных фигур методом вращения контура вокруг оси можно предложить следующие задания:

1. Создание трехмерной модели вазы. Для выполнения задания используется вращение кривой Безье вокруг оси вращения. Данная идея заимствована автором из статьи С. В. Зенкиной, М. В. Савченковой [9]. Стадии разработки модели вазы показаны на рисунках 17 и 18.
2. Создание трехмерной молекулы воды. Стадии разработки модели показаны на рисунках 19 и 20.

4.5. Этап 5

Урок 10. *Создание трехмерных фигур методом движения сечения вдоль траектории (кинематическая операция). Черчение сечения и траектории в эскизах, расположенных в различных плоскостях.*

Урок 11. *Самостоятельная практическая работа по теме «Создание трехмерной модели цепи».*

Метод создания трехмерных фигур движением сечения вдоль траектории является самым сложным из используемых в системе трехмерного проектирования КОМПАС-3D LT V12. Его сложность заключается в том, что направляющая, вдоль которой движется контур, и сам контур лежат в различных плоскостях, обычно перпендикулярных друг другу, что требует от учащихся наличия уже достаточно развитого пространственного мышления. В связи с этим автор предлагает изучение рассматриваемого метода оставить на финальную стадию обучения по теме «Компьютерная трехмерная графика».

В качестве примера задания, которое учащиеся выполняют для овладения навыками использования кине-

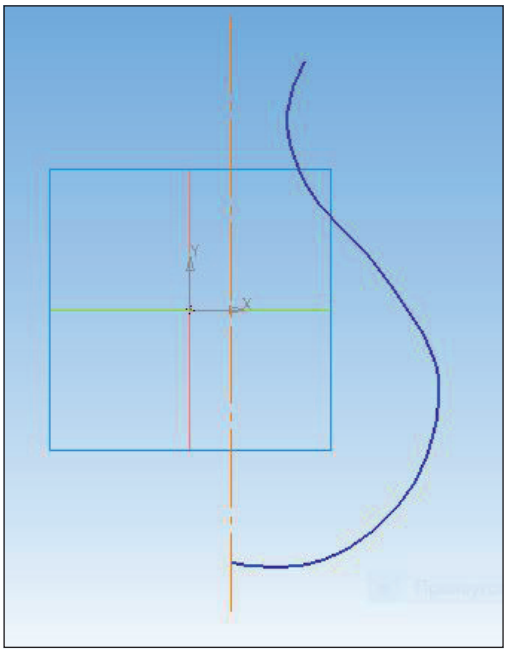

Рис. 17. Ось вращения и контур для создания модели вазы

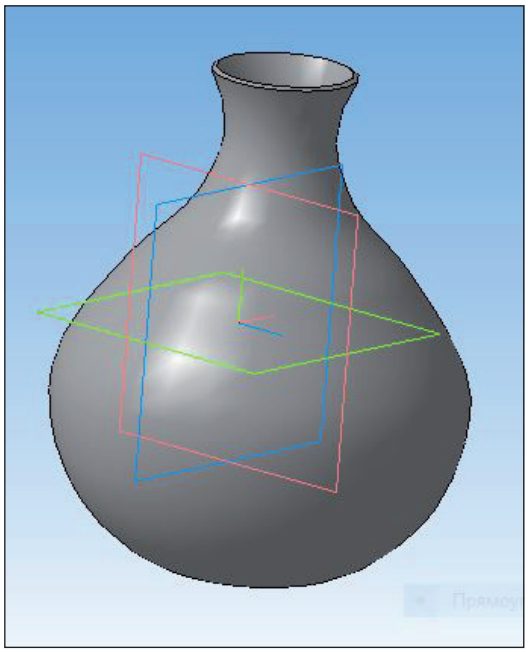

Рис. 18. Завершенная модель вазы

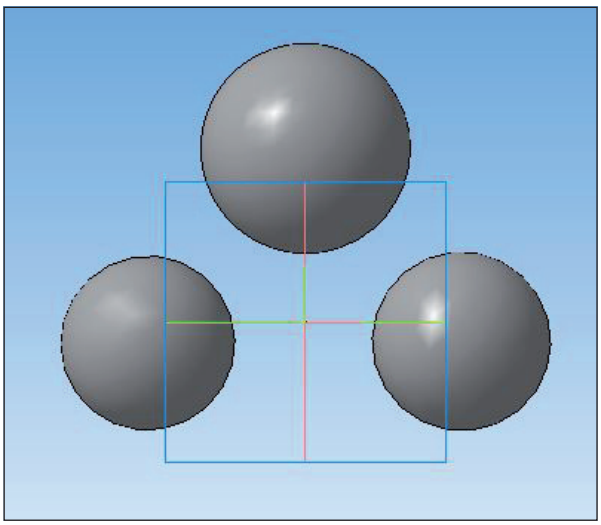

Рис. 19. Начальная стадия создания модели молекулы воды (три атома)

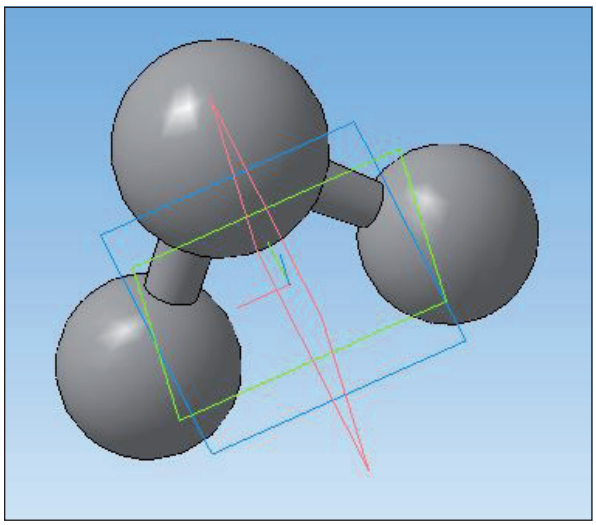

Рис. 20. Завершенная модель молекулы воды

матической операции, можно предложить создание трехмерной модели цепи, состоящей из нескольких звеньев.

Рассмотрим примерный алгоритм создания модели цепи:

1. Выберем одну из трех координатных плоскостей и создадим в ней эскиз. Далее в выбранной плоскости начертим эллипс, задав некое определенное значение большой и малой полуосей.
2. Перейдем в плоскость, перпендикулярную плоскости эллипса, создадим в ней эскиз и начертим окружность таким образом, чтобы центр окружности лежал на эллипсе, а ее радиус был значительно меньше малой полуоси эллипса (в несколько раз). На рисунке 21 траектория (эллипс) показана красным цветом, а сечение (окружность) — темно-синим.
3. С помощью инструмента *Редактирование детали* активируем *Кинематическую операцию*, укажем, что сечением является окружность, а траекторией его движения — эллипс, и получим первое звено цепи (рис. 22).
4. Создадим эскиз в координатной плоскости, показанной на рисунке 22 зеленым цветом, и начертим в ней эллипс с размерами, равными размерам первого эллипса.
5. Выберем координатную плоскость, показанную на рисунке 22 светло-синим цветом и начертим в ней окружность того же радиуса, что и первая окружность (рис. 23).
6. Активируем *Кинематическую операцию*, укажем в качестве сечения окружность, а в качестве траектории — эллипс и получим второе звено цепи (рис. 24).
7. Дальнейшие действия по созданию третьего звена цепи полностью аналогичны ранее описанным.

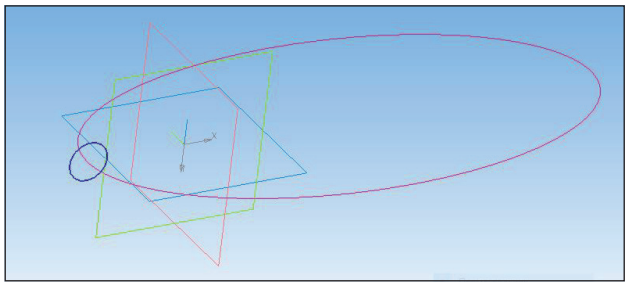

Рис. 21. Создание направляющей (эллипса) и контура (окружности) для первого звена цепи

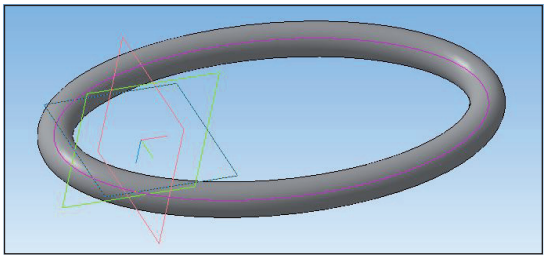

Рис. 22. Первое звено создаваемой цепи

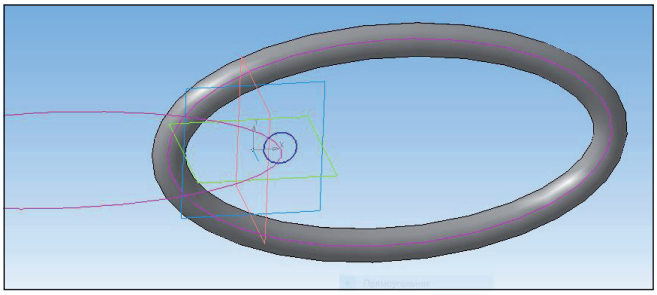

Рис. 23. Создание сечения и траектории для второго звена цепи

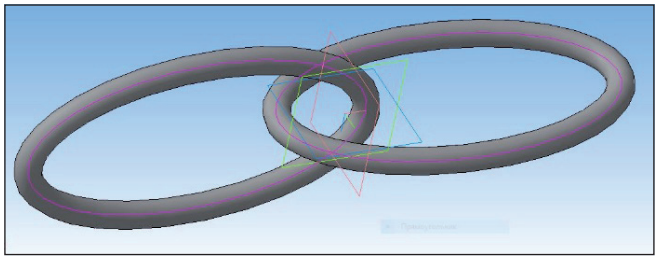

Рис. 24. Два звена создаваемой цепи

4.6. Этап 6

Урок 12. *Создание сложных трехмерных фигур с использованием различных методов формирования 3D-моделей. Создание вспомогательных плоскостей различными способами (параллельно заданной плоскости, перпендикулярно заданной плоскости, проходящей через определенную точку и т. п.).*

Урок 13. *Самостоятельная практическая работа по теме «Создание трехмерной модели чашки».*

Урок 14. *Контрольная практическая работа по теме «Создание трехмерной модели космического корабля».*

Урок 15. *Анализ контрольной практической работы по теме «Создание трехмерной модели космического корабля».*

В качестве примера сложной трехмерной фигуры, которая создается с помощью различных методов, можно рассмотреть модель кофейной чашки, которая может быть реализована в системе трехмерного проектирования КОМПАС-3D LT V12 с помощью следующего примерного алгоритма:

1. Прежде всего создадим ручку чашки. Для этого выберем одну из координатных плоскостей, создадим в ней эскиз и начертим траекторию будущей ручки с помощью инструмента *кривая Безье* панели инструментов *Геометрия*.
2. Перейдем в плоскость, перпендикулярную первой плоскости, создадим в ней эскиз и начертим окружность (показана темно-синим цветом на рисунке 25), центр которой лежит на траектории (показана фиолетовым цветом на рисунке 25).
3. Активируем *Кинематическую операцию*, укажем в качестве сечения окружность, а в качестве траектории — *кривую Безье* и создадим ручку чашки (рис. 26).
4. Далее перейдем к созданию тела чашки. Для этого выберем координатную плоскость, показанную на рисунке 26 голубым цветом, создадим в ней эскиз и начертим *кривую Безье*, которая будет формировать тело чашки с помощью операции *Вращение*, а также ось вращения (рис. 27).
5. Активируем *Операцию вращения*, в параметрах данной операции укажем, что мы создаем тонкую стенку у тела вращения, и подберем оптимальную толщину этой стенки. В результате получим чашку, показанную на рисунке 28. Полученная нами чашка не имеет дна, так как кривая Безье, создаваемая на 4-м шаге данного алгоритма, не доходит до оси вращения.
6. Для создания дна чашки нам придется воспользоваться вспомогательной плоскостью, лежащей в плоскости будущего дна. Используем инструмент *Смещенная плоскость* панели *Вспомогательная геометрия*. На рисунке 29 вспомогательная плоскость показана коричневым цветом и параллельна плоскости, показанной ярко-красным цветом.
7. Далее во вспомогательной плоскости создается эскиз, в котором чертится окружность диаметром, несколько большим диаметра отверстия в дне чашки. Затем данная окружность выдавливается, в результате чего формируется дно чашки. Законченная модель чашки со сформированным дном показана на рисунке 30.

Еще одним вариантом практической работы, направленной на закрепление навыков учащихся в области применения различных способов создания сложных объемных фигур, может быть создание трехмерной модели космического корабля. Технология выполнения предлагаемой работы показана на рисунках 31–44.

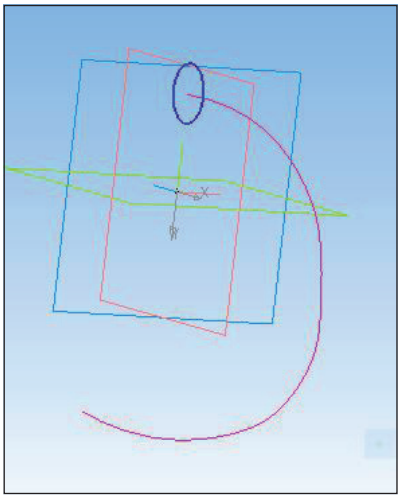

*Рис. 25. Траектория и контур для создания ручки чашки с помощью **Кинематической операции***

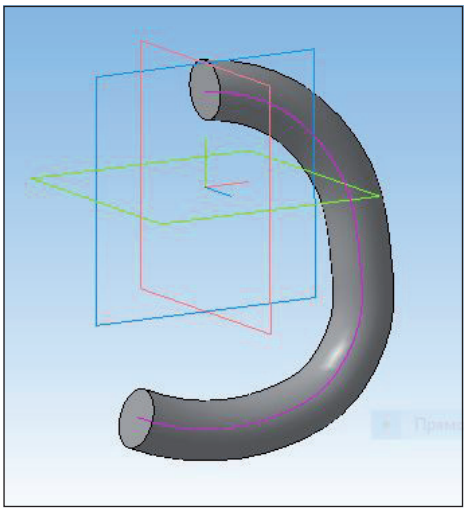

*Рис. 26. Ручка чашки, полученная с помощью **Кинематической операции***

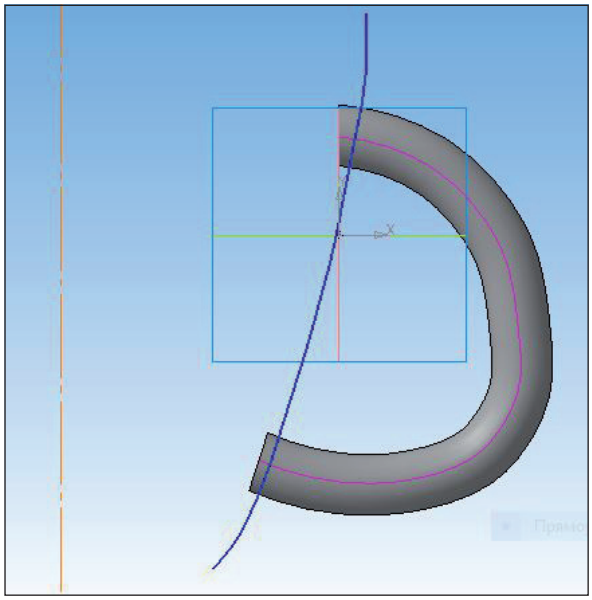

*Рис. 27. **Кривая Безье** и ось вращения для создания будущего тела чашки*

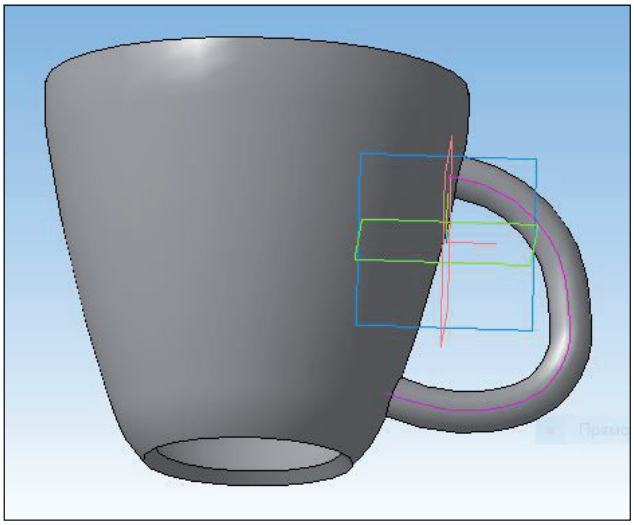

Рис. 28. Сформированная чашка без дна

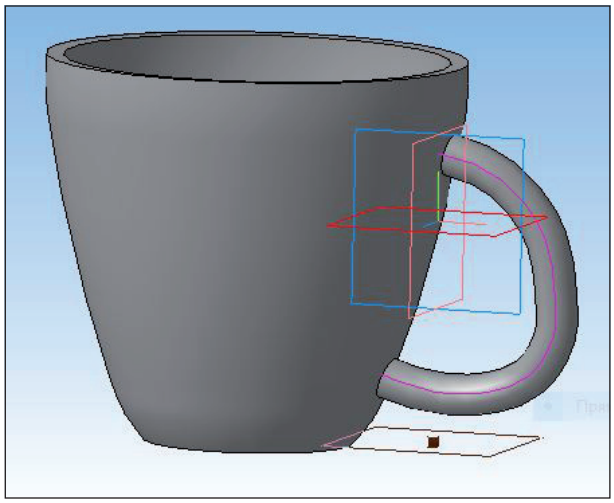

Рис. 29. Создание вспомогательной плоскости, параллельной заданной плоскости

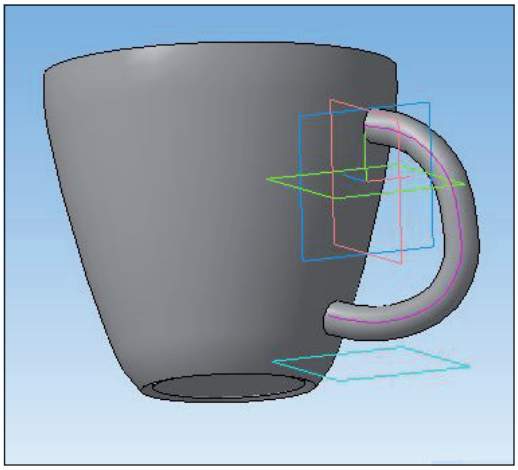

Рис. 30. Законченная модель чашки

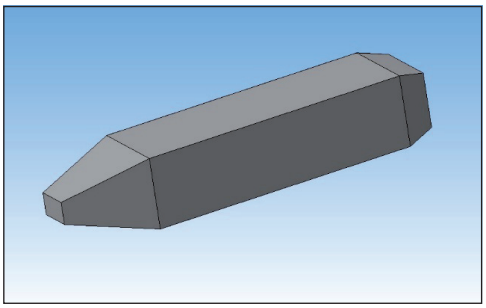

Рис. 31. Корпус космического корабля

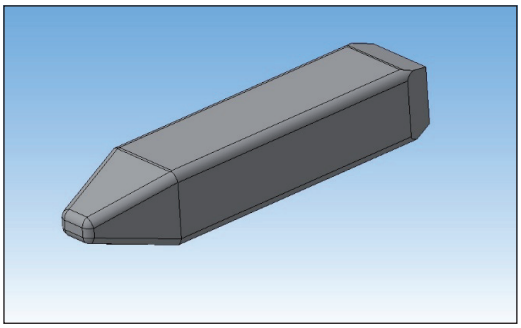

Рис. 32. Корпус корабля со скругленными формами

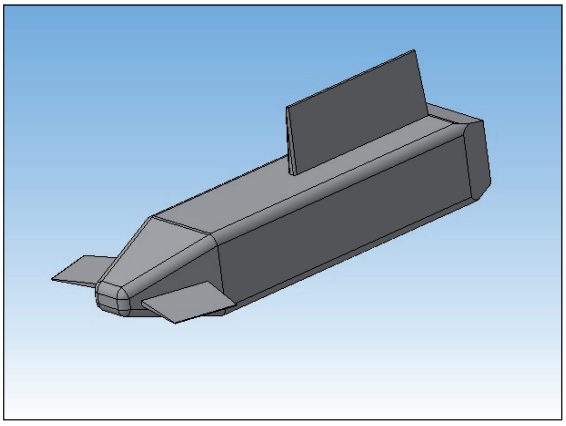

Рис. 33. Корпус корабля с установленными на него стабилизаторами

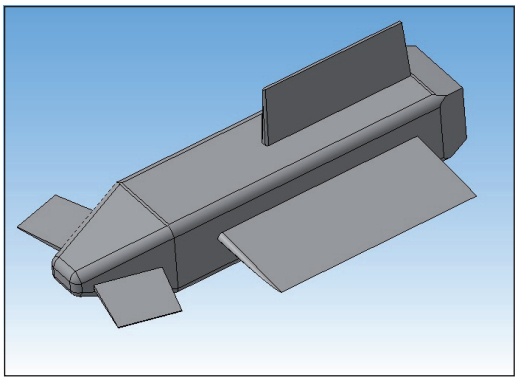

Рис. 34. Установлено левое основное крыло

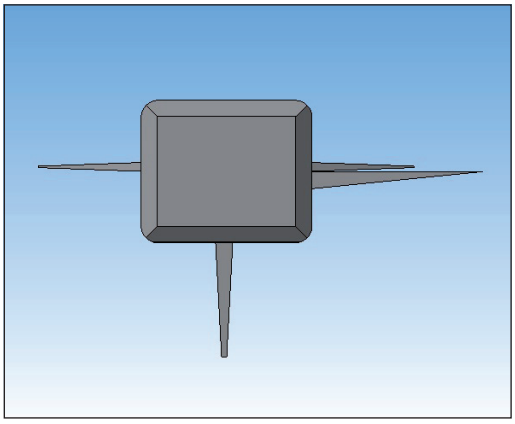

Рис. 35 Форма основного крыла (вид сзади)

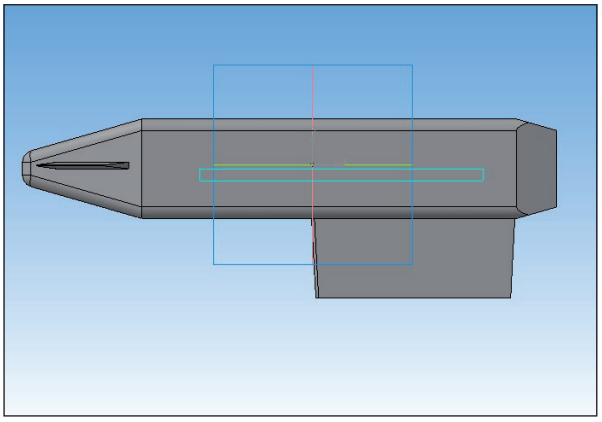

Рис. 36. Технология создания правого основного крыла, одинакового по геометрическим размерам с левым крылом

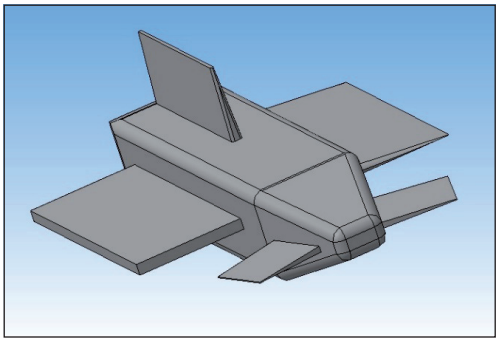

Рис. 37. Правое основное крыло без вырезанной клиновидной части

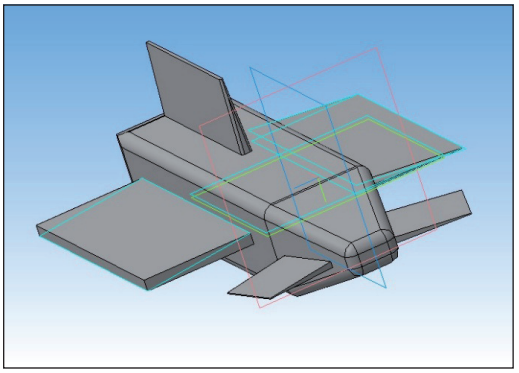

Рис. 38 Корабль с показанными вспомогательными плоскостями

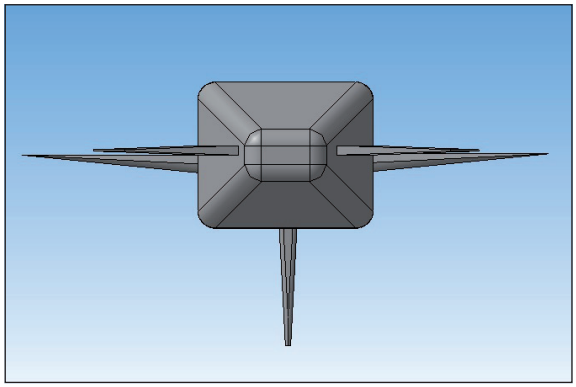

Рис. 39. Корабль с законченными основными крыльями (вид спереди)

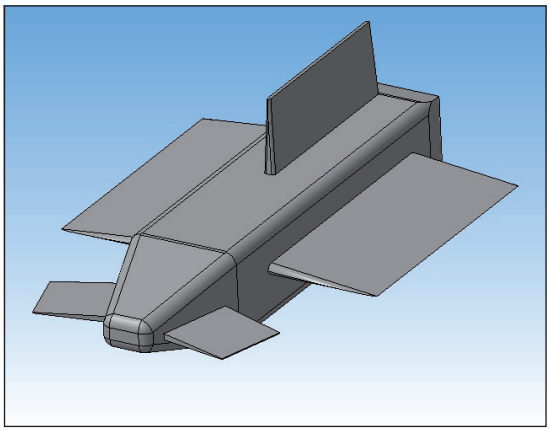

Рис. 40. Корабль с законченными основными крыльями (вид в изометрии)

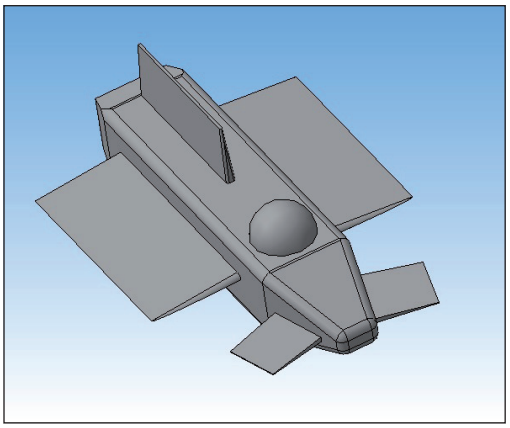

Рис. 41. Корабль с кабиной пилотов

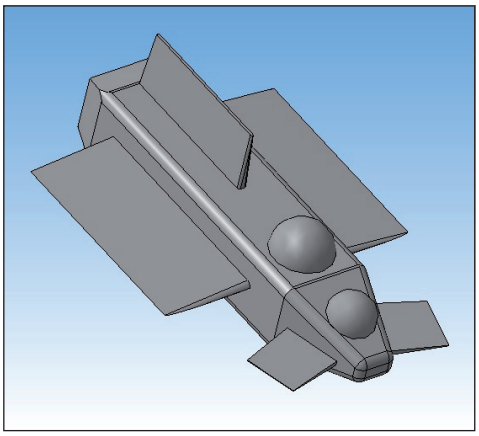

Рис. 42. Корабль с дополнительной кабиной

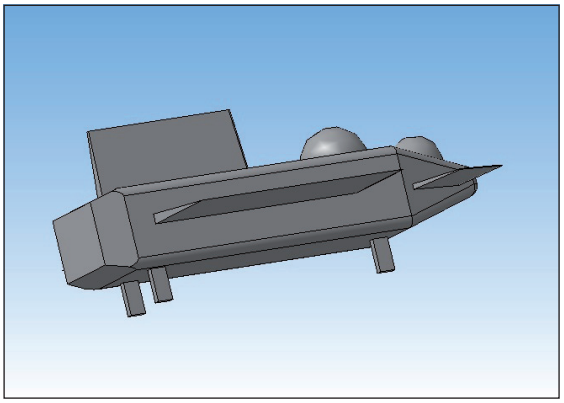

Рис. 43. Корабль с добавленными стойками шасси

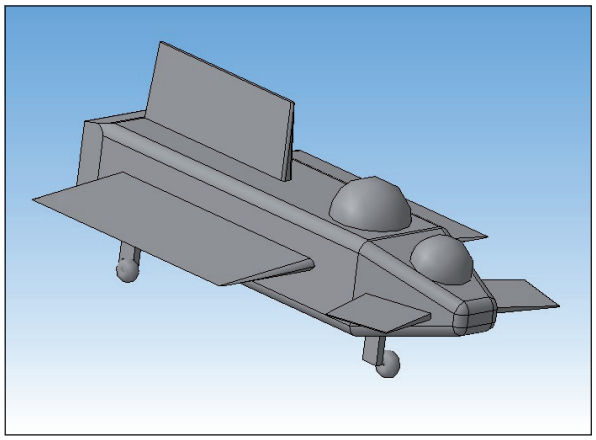

Рис. 44. Корабль с установленными на шасси колесами

5. Выводы

В статье предложена методика использования бесплатной версии отечественной системы трехмерного проектирования КОМПАС-3D LT V12 для поддержки преподавания темы «Трехмерная компьютерная графика» в курсе информатики основной школы или в рамках внеурочной деятельности (объединения дополнительного образования) по теме «Компьютерная графика».

Главной целью разработки и последующего использования данной методики является развитие объемного мышления и воображения учащихся основной школы.

При разработке предлагаемого в авторской методике порядка подачи учебного материала и соответствующего ему поурочного планирования по теме «Трехмерная компьютерная графика» в первую очередь учитывалось наличие в КОМПАС-3D LT V12 четырех типов операций создания объемных фигур, которые были следующим

образом расположены по мере возрастания сложности алгоритмов их реализации:

1) операция выдавливания некоторой плоской геометрической фигуры в пространстве;
2) операция вырезания выдавливанием некоторой плоской геометрической фигурой части большей трехмерной фигуры;
3) операция вращения некоторой плоской геометрической фигуры вокруг оси вращения;
4) кинематическая операция, заключающаяся в формировании трехмерной фигуры путем движения некоторой плоской геометрической фигуры вдоль траектории движения.

Пятым вариантом создания трехмерной фигуры в КОМПАС-3D LT V12 является построение модели по нескольким ее сечениям. Данная технология не рассматривается в статье в связи с некоторым избыточным для учащихся основной школы уровнем ее сложности, как и другой определенный функционал КОМПАС-3D LT V12 (сечение объемных фигур вспомогательными плоскостями и т. д.). Тем не менее преподаватели, планирующие использовать предлагаемый автором каркас методики, всегда могут дополнять его технологиями создания трехмерных объектов повышенной сложности, применяя для этого учебные пособия Н. Б. Ганина [6, 7] и А. А. Герасимова [8], а также «Азбуку КОМПАС-3D» [1].

Выбор отечественной системы трехмерного моделирования КОМПАС-3D LT V12 был обусловлен внушительным набором положительных характеристик для поддержки учебно-воспитательного процесса на уровне основного общего образования, как в техническом, так и в методическом плане.

Список источников

1. Азбука КОМПАС-3D // КОМПАС-3D. Официальный сайт САПР КОМПАС. https://kompas.ru/source/info_materials/2018/Azbuka-KOMPAS-3D.pdf

2. *Александров М. С.* Развитие пространственного мышления учащихся на элективных курсах посредством трехмерного графического редактора КОМПАС-3D // Информационные технологии в социальной сфере. Материалы V международной заочной научно-практической конференции. Самара: Самарский государственный социально-педагогический университет, 2017. С. 96–99.

3. *Баранов В. Н.* О применении системы Компас 3D в школе для обучения инженерной графике // Роль и место инженерных знаний в структуре общего образования. Сборник статей V межрегиональной очно-заочной научно-практической конференции с международным участием. СПб.: Лингвистический Центр «Тайкун», 2017. С. 146–148.

4. *Большаков В. П.* КОМПАС-3D для студентов и школьников. Черчение, информатика, геометрия. СПб.: БХВ-Петербург, 2010. 304 с.

5. Все альтернативы САПР AutoCAD для Linux // LinuxTheBest. https://linuxthebest.net/top-luchshikh-cad-programm-dlya-linux-v-2018-godu/

6. *Ганин Н. Б.* Автоматизированное проектирование в системе КОМПАС-3D V12. М.: ДМК Пресс, 2010. 360 с.

7. *Ганин Н. Б.* Создаем чертежи на компьютере в КОМПАС-3D LT. М.: ДМК Пресс, 2005. 184 с.

8. *Герасимов А. А.* Самоучитель КОМПАС-3D V12. СПб.: БХВ-Петербург, 2011. 464 с.

9. *Зенкина С. В., Савченкова М. В.* Использование 3D редакторов в урочной и во внеурочной деятельности // Инфоком. 2018. № 1 (2). С. 45–53.

10. Каковы системные требования для запуска FreeCAD? https://wiki.freecadweb.org/Frequently_asked_questions/ru

11. КОМПАС-3D LT. Системные требования // КОМПАС-3D. Официальный сайт САПР КОМПАС. https://kompas.ru/kompas-3d-lt/restriction/

12. Лицензионное соглашение на использование программного продукта КОМПАС-3D LT // КОМПАС-3D. Официальный сайт САПР КОМПАС. https://kompas.ru/source/documents/License_LT_ru_2012.pdf

13. *Маркушевич М. В.* Использование отечественного программного обеспечения в учебном процессе общеобразовательной школы как фактор гражданско-патриотического воспитания учащихся // Информатика в школе. 2018. № 7. С. 13–16.

14. *Маркушевич М. В.* Организация дистанционного преподавания робототехники на базе микроконтроллера Arduino Uno в виртуальной среде Autodesk Tinkercad // Информатика в школе. 2020. № 8. С. 12–20.

15. *Маркушевич М. В.* Полипрограммные интегрированные уроки на базе свободного программного обеспечения как средство контроля ИКТ-компетенций старших школьников // Информатика в школе. 2017. № 4. С. 12–17.

16. Математическая вертикаль — Ресурсный центр «Интеллектуал». https://vertical.sch-int.ru/

17. Нанософт разработка. Наши продукты // Нанософт разработка. https://www.nanocad.ru/products/

18. Операционная система Windows 10. Минимальные системные требования. https://system-requirements.ru/os/3-sistemnye-trebovaniya-windows-10.html

19. Перевод КОМПАС-3D на ОС Linux. Текущая ситуация и планы // АСКОН. https://ascon.ru/news_and_events/news/3314/

20. Приказ Министерства просвещения РФ от 31 мая 2021 г. № 287 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования». https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/401333920/#1000

21. *Прояева И. В., Цветкова К. Е.* Особенности использования геометрии в компьютерном моделировании // Проблемы и перспективы внедрения инновационных телекоммуникационных технологий. Сборник материалов VII Международной научно-практической очно-заочной конференции. Оренбург: Оренбургский филиал ФГБОУ ВО «Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики», 2021. С. 347–356.

22. Свободная программа трехмерного параметрического моделирования FreeCAD // FreeCAD. https://www.freecadweb.org/?lang=ru

23. Система трехмерного моделирования КОМПАС-3D // КОМПАС-3D. Официальный сайт САПР КОМПАС. https://kompas.ru/kompas-3d-home/buy/

24. *Тютина В.* Поставщик ПО для строительства Autodesk приостановил работу в России // РБК. 4 марта 2022 года. https://www.rbc.ru/politics/04/03/2022/6221b6209a7947f98925c8d7

25. *Федосов А. Ю., Маркушевич М. В.* Использование свободной системы автоматического проектирования FreeCAD при преподавании стереометрии // XV Колмогоровские чтения: Сборник статей участников Международной научно-практической конференции, посвященной памяти профессора М. И. Зайкина (Арзамас, 10–13 сентября 2019 года). Арзамас: Арзамасский филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского», 2019. С. 147–151.